
Spritzbetonarbeiten an den Tunnelbaustellen der BEG

SPRAYED CONCRETE WORK AT THE CONSTRUCTION SITES OF THE BRENNER EISENBAHN GMBH

JOHANN HERDINA

Bei der Errichtung der Eisenbahnneubaustrecke von Kundl/Radfeld bis Baumkirchen, sind u.a. zur Erstsicherung des Tunnelhohlraums umfangreiche Spritzbetonarbeiten notwendig. In der Regel erfolgt der Spritzbetonauftrag im Nassspritzverfahren mit alkalifreien Erstarrungsbeschleunigern, bei Hangsicherungen kommt auch das Trockenspritzverfahren zu Anwendung. In Teilabschnitten des Tunnels Vomp/Terfens wird zur Kostenreduzierung anstelle einer Mattenbewehrung, Nassspritzbeton mit 35 kg/m³ Stahlfasern eingesetzt. Erhöhte Anforderungen (Dichtigkeit) an den Spritzbeton werden in den unter Druckluft aufgefahrenen Tunnelabschnitten gestellt. Die geometrischen Anforderungskriterien an den Abdichtungsträger, wie Ebenföächigkeit (Nachweis mittels Latten- u. Kugelmethode) oder Profilabweichung (SpB-Stärke) werden mittels Tunnelscanneraufnahmen überprüft.

The construction of the rail link from Kundl/Radfeld to Baumkirchen calls for extensive sprayed concrete work as a preliminary safety measure to protect the tunnel excavation. As a rule the concrete is applied using the wet-mix method, with the help of non-alkaline accelerators; for the protection of sloping faces the dry-mix method may also be used. In some sections of the Vomp/Terfens tunnel, instead of wire mesh reinforcement wet-mix sprayed concrete has been applied, incorporating 35 kg per cubic metre of steel fibres, in the interest of reducing costs. Some tunnel sections are driven with the help of pressurised air, and the sprayed concrete must meet particularly high standards in terms of impermeability. The geometrical properties of the sealing materials (such as evenness of surface, demonstrated by the "lath" and "ball" method) and any profile deviations (based on the thickness of the sprayed concrete) are checked against the specifications with the help of tunnel scan shots.

1. Projektübersicht Neue Unterinntalbahh

Die neue Unterinntalbahh reicht von Baumkirchen bis Brannenburg und ist Teil der TEN-Achse Berlin-Palermo, die von der EU als prioritäres Ausbauprojekt Nr. 1 eingestuft wurde. Zurzeit ist der so ge-

nannte erste Abschnitt der neuen Unterinntalbahh, der von Baumkirchen bis Kundl/Radfeld reicht, zu 70 % bereits in Bau. Der schrittweise Ausbau der Gesamtachse führt zu unterschiedlichen Ausbaustadien, so sind z.B. die Hochleistungsstrecken Berlin-Halle/Leipzig, Florenz-Rom und Rom-Neapel be-

reits in Betrieb, andere Abschnitte wie z.B. Nürnberg-Ingolstadt, Verona-Bologna, Bologna-Florenz aber auch die Brücke über die Straße von Messina sind in Bau (Bild 1). Schon bald können weitere Abschnitte in Betrieb genommen werden, wie z.B. die Strecke Nürnberg-Ingolstadt, die rechtzeitig für die Fußballweltmeisterschaft in Deutschland im Jahre 2006 fertig gestellt wird, oder Verona-Bologna im Jahr 2008 und Bologna-Florenz 2007. Deutschland, Österreich und Italien investieren hohe Summen im Schienenausbau, um hier eine wettbewerbsfähige Nord-Südverbindung zu schaffen.



Bild 1: Ausbaumaßnahmen TEN Achse Nr. 1

In Österreich unterscheidet man drei Ausbaumaßnahmen:

1. Der 1. Abschnitt der neuen Unterinntalbahn von Baumkirchen nach Kundl/Radfeld.
 Zurzeit sind fast 28 km von den 40 geplanten Ausbaukilometern in Bau.
2. Der Brenner Basistunnel, der in der Verantwortung der grenzüberschreitenden europäischen Gesellschaft BBT SE liegt und sich in einer vertieften Planungsphase befindet.
3. Der 2. Abschnitt der neuen Unterinntalbahn von Kundl/Radfeld bis zur Staatsgrenze nach Deutschland, in dem momentan die Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 1993 einer Aktualisierung zugeführt wird.

Die Kerndaten für den 1. Abschnitt im Unterinntal sind eine 40 km lange Neubaus Strecke mit 3 Verknüpfungsstellen zur Bestandsstrecke, ausgelegt auf eine Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h. Aufgrund der angetroffenen geographischen Randbedingungen durch Bevölkerungs- und Wirtschaftszentren im Unterinntal, dem Verlauf des Inns, der bestehenden Eisenbahnstrecke und der Autobahn, und dies alles in einem verhältnismäßig engen alpinen Tal, war es schwierig eine den Umweltbedingungen angepasste Trasse zu finden, die allen Anforderungen gerecht werden konnte. Am Ende kam es zu einer Trassenfestlegung mit fast durchwegs unterirdischer Trasse, die mehr einer Hochgeschwindigkeits-U-Bahn in einem alpinen Tal gleicht, als den herkömmlichen Vorstellungen einer ausgebauten Eisenbahnstrecke. Nachdem im Zuge des eisenbahnrechtlichen Genehmigungsverfahrens diese Trasse auch behördlich genehmigt wurde, sind verschiedene Ausschreibungen und Lose definiert worden. Mittlerweile sind 10 Baulose vorgesehen, deren Grenzen durchwegs aufgrund von Wechseln im Bauverfahren festgelegt wurden. Nun kommen in der Erstellung dieser Baumaßnahmen sehr viele der bekannten Spezialtiefbauverfahren zur Anwendung, von Spundwandarbeiten über Schmalwände, Bohrpfehlwände, Schlitzwände zu Deckelbauweisen, von NÖT-Vortrieben zu großen Maschinenlosen. In einzelnen Abschnitten werden auch bekannte Verfahren in bisher noch nicht üblichen Kombinationen angewendet, wie z.B. das Hochdruckbodenvermörtelungsverfahren aus einer druckluftbeaufschlagten Kalotte heraus. Ein kurzer Überblick über die 10 Baulose gibt einen ersten Eindruck (Bild 2).

Während das noch nicht ausgeschriebene Baulos H1 Verknüpfung Radfeld ein Erdbaulos ist, handelt es sich bei dem Baulos H2-2 Radfeld - Brixlegg um eine offene Bauweise im Grundwasser und beim

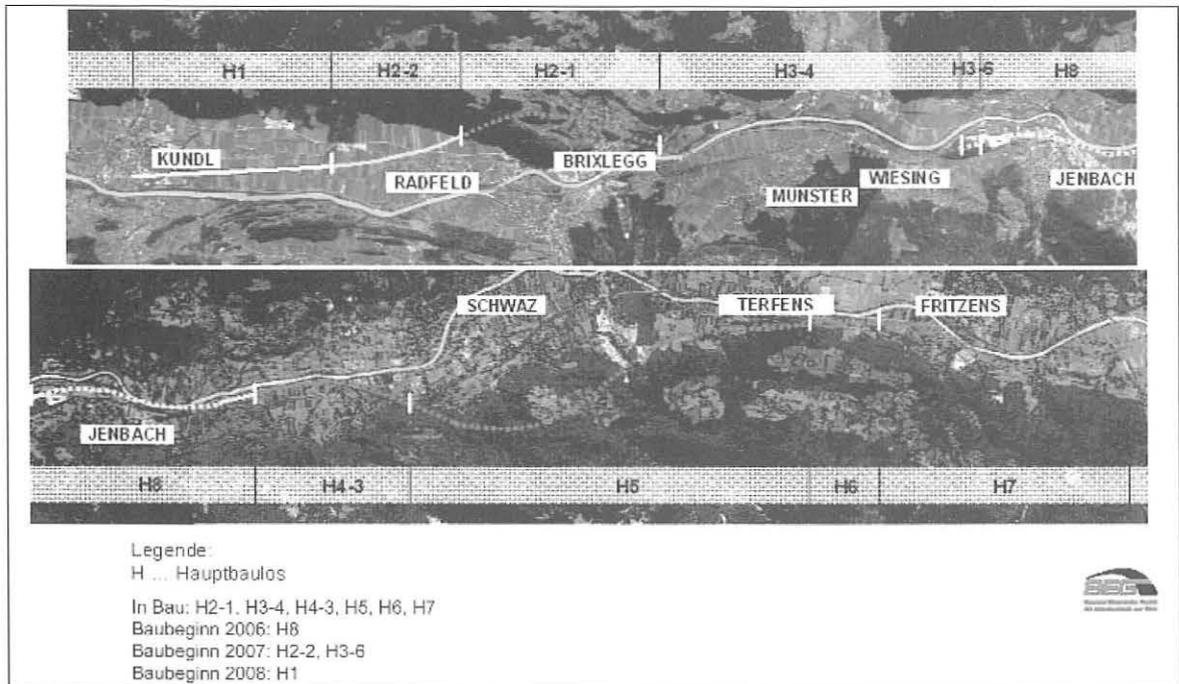


Bild 2: Trassengesamtübersicht 1. Abschnitt

Baulos H2-1 Radfeld - Brixlegg um einen nach den Regeln der NÖT (Neue österreichische Tunnelbauweise) hergestellten Tunnel. Zu erwähnen ist im Baulos H2-1 der nach erfolgter Wiederaufspiegelung doch verhältnismäßig hohe Wasserdruck von 6 bar, der auf die Innenschale wirken wird.

Im Anschluss wird das Baulos H3-4 Münster - Wiesing als Maschinenlos mit einer Gesamtlänge von 5.746 m mit einer Hydroschildmaschine aufgeföhren, wobei hier ein Außendurchmesser von 13,08 m vorgesehen ist.

An dieses Hydroschildlos grenzt Richtung Osten das kürzeste Los H3-6 Tiergartentunnel mit 717 m an. Dabei handelt es sich um einen kurzen NÖT-Tunnel in einem Festgesteinsblock.

Daran schließt wiederum das Baulos H8 Jenbach - Stans, in dem neben einer weiteren Schildfahrt auch die Herstellung der Verknüpfung der Neubaustrecke mit der Bestandsstrecke in Stans ausgeschrieben ist. Bei diesem Los ist besonders zu erwähnen, dass das Schild mehrere wichtige Verkehrsträger, wie z.B. die Autobahn und die ÖBB Bestandsstrecke, aber auch die Verkehrsanlagen der Zillertalbahn, in sehr seichter Lage unterfährt.

Im Baulos H4-3 Stans/Fiecht kommen für die Unterföhierung der Autobahn und der Eisenbahnbestandsstrecke eine Sonderbauweise mit Hochdruckbodenvermörtelung, genauso wie herkömmliche Baugruben mit Unterwasserbetonsohlen, zur Ausführung. In diesem ca. 2.600 m langen Baulos wird die Autobahn zwei Mal schleifend gequert.

Maßgeblich für dieses Los sind die sehr enge Föhierung der bestehenden und neuen Infrastrukturanlagen im Inntal auf der gesamten Bauloslänge und die damit verbundenen schwierigen Ausführungsphasen.

Im Anschluss daran kommt gegen Westen das längste Los des 1. Abschnittes der neuen Unterinntalbahn zur Ausführung. Dabei handelt es sich um das Baulos H5, dem Tunnel Vomp/Terfens mit einer Gesamtlänge von 8.380 m. Hier sind die Bauarbeiten bereits sehr weit fortgeschritten und es ist mit einer Fertigstellung der noch laufenden Vortriebsarbeiten im Frühjahr 2006 zu rechnen. Zurzeit wird ein schwieriger Abschnitt im Übergang vom Fels- zum Lockermaterial unter der Talflur des Inns mit Druckluftunterstützung aufgeföhren.

Anschließend an diese Baustelle wird das zweitkleinste Los mit einer Gesamtlänge von 1.330 m, das Baulos H6 - Galerie Terfens, errichtet. Im Zuge der Bauarbeiten für diese Galerie sind auch erhebliche Böschungssicherungsarbeiten erforderlich gewesen.

Als letztes Baulos ist das Baulos H7 Fritzens - Baumkirchen mit einer Gesamtlänge von 5.287 m zu erwähnen. In diesem Baulos kommen hauptsächlich Deckelbauweisen unter Drucklufteinsatz zur Ausführung, wobei aber auch eine 450 m lange Querung unter dem Bahnhof Fritzens mittels NÖT und unter Anwendung von horizontaler Hochdruckbodenvermörtelung ausgeföhrt wird.

2. Spritzbetonarbeiten

Aufgrund der aus der Projektübersicht ersichtlichen Anwendung unterschiedlichster Bauverfahren ist im Gegensatz zu den in der Vergangenheit bei der Erstellung großer Neubastreckenvorhaben, wie z.B. auf der Strecke Hannover-Würzburg oder Mannheim-Stuttgart bzw. Köln-Rhein/Main kein wirklicher Innovationsschub bzw. keine weitreichende Verfahrensoptimierung zu erwarten. Der nun folgende kurze Überblick über die eingesetzten Spritzverfahren und Spritzbetonrezepturen soll Ihnen diese Einschätzung bestätigen.

fahren eingesetzt. Weiters ist festzustellen, dass die Betonversorgung ohne lange Anfahrtswege möglich war. Entweder konnten auf Betonwerke in unmittelbarer Nähe zur Tunnelbaustelle zurückgegriffen werden oder es wurden Betonmischanlagen als mobile Baustellenanlagen errichtet. Somit konnten die Transporte so gering als möglich gehalten werden, was auch den Anrainern der Baumaßnahmen (Verminderung von Staubbelastung und Lärm) zu Gute kommt.

2.1 Eingesetzte Spritzbetonverfahren

2.1.1 Nassspritzverfahren

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass seitens der BEG als Auftraggeber nur alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger gemäß der Richtlinie Spritzbeton zugelassen wurden. In den Baulosen des ersten Abschnitts der Untertalbahn kommen bisher ausschließlich Nassspritzbetone im Dichtstromverfahren zur Sicherung des Hohlraums zur Anwendung. Zur Hangsicherung werden auch Nassspritzbetone im Dünnstromverfahren und das Trockenspritzverfahren eingesetzt.

Im Baulos H2-1 (Tunnel Radfeld/Brixlegg) wurde die Baustelle von der vor Ort installierten mobilen Betonmischanlage am Tunnelportal Ost direkt bedient. Die kurzen Wege erwiesen sich erfahrungsgemäß immer als vorteilhaft für eine gute und qualitativ hohe Betonqualität. Auf die Zugabe von Betonverzögerer konnte daher verzichtet werden. Im Gesamten konnten bis zu maximal 5 Vortriebe im Haupt- u. Rettungstunnel von dieser Mischanlage gleichzeitig versorgt werden. Die höchste Vortriebsleistung war im Oktober 2004 zu vermelden, mit einer Leistung von insgesamt über 900 lfm Kalottenvortrieb.

| Baulosbezeichnung | | | Los H2 -1 | | Los H5 | | Los H5 | | Los H5 | | Los H5 | |
|-----------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|--|--|--|---------------------------------|--|
| Einsatzbereich: | | Einheit | Radfeld - Brixlegg | | Vomp - Terfens | | Vomp - Terfens | | Vomp - Terfens | | Vomp - Terfens | |
| | | | Haupttunnel/Rettungstunnel | | Haupttunnel | | Haupttunnel | | Baugrubensicherung | | Rettungsgsschacht | |
| | | | Haupttunnel - Druckluftvortrieb | | Rettungstunnel | | Rettungstunnel | | | | Voreinschnitte West, Mitte, Ost | |
| Spritzverfahren | | | Nass-Spritzverfahren im Dichtstrom | | Nass-Spritzverfahren im Dichtstrom | | Nass-Spritzverfahren im Dichtstrom | | Nass-Spritzverfahren im Dünnstromverfahren | | Trockenspritzverfahren | |
| Ausrüstung | Spritzmobil | | Sika - Putzmeister | | Normet, Spraymec 7110 WPC | | Normet, Spraymec 7110 WPC | | Rotormaschine Fa. Aliva | | Drucksilo mit Förderschnecke | |
| Zement | Sorte | kg/m ³ | CEM II/A-S 42,5R - Inntal | | CEM II A-S 42,5R - Inntal | | CEM II A-S 42,5R - Inntal | | CEM II A-S 42,5 R | | | |
| | Hersteller | | SPZ Eiberg | | SPZ Eiberg | | SPZ Eiberg | | SPZ Eiberg | | | |
| Zusatzstoff | Sorte | kg/m ³ | Fluosit T | | Flugasche, Sofament | | Fluosit T | | 21 | | | |
| | Hersteller | | SPZ Eiberg | | | | SPZ Eiberg | | | | | |
| Fließmittel | Bezeichnung | kg/m ³ | LZ SP | | SX-T5 | | SX-T5 | | 3,2 | | ViscoCrete 3035 | |
| | Hersteller | | Betontechnik | | Mapei | | Mapei | | | | Sika | |
| Luftporenmittel | Bezeichnung | kg/m ³ | | | PT4-neu | | PT4-neu | | 0,41 | | | |
| | Hersteller | | | | Mapei | | Mapei | | | | | |
| Erstarrungs - beschleuniger | Bezeichnung | % | Gecedral F2000 HP | | Gecedral F2000 HP IN | | Gecedral F2000 HP IN | | | | Signit L53 AF | |
| | Hersteller/Lieferant | | BK Giuliani Chemie | | BK Giuliani Chemie | | BK Giuliani Chemie | | | | Fa. Sika | |
| | Zusatzanforderung | | alkalifrei, pH=3,05 M -% | | alkalifrei, pH=3,05 M -% | | alkalifrei, pH=3,05 M -% | | | | alkalifrei | |
| Fasern | Sorte | kg/m ³ | | | | | | | 35,0 | | | |
| | Hersteller | | | | | | Treffarbad Bissen S.A. | | | | | |

| Baulosbezeichnung | | | Los H5 | | Los H5 | | Los H4 -3 | | Los H6 | |
|-----------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------|--|--|--|
| Einsatzbereich: | | Einheit | Vomp - Terfens | | Vomp - Terfens | | Hangsicherung | | Galerie Terfens | |
| | | | | | Abdichtungsträger | | | | Rettungsstellen | |
| | | | | | | | | | Hangsicherung | |
| Spritzverfahren | | | Nass-Spritzverfahren im Dichtstrom | | Nass-Spritzverfahren im Dichtstrom | | Trockenspritzverfahren | | Nass-Spritzverfahren im Dünnstromverfahren | |
| Ausrüstung | Spritzmobil | | Normet, Spraymec 7110 WPC | | Normet, Spraymec 7110 WPC | | | | Rotormaschine Fa. Aliva | |
| Zement | Sorte | kg/m ³ | CEM II A-S 42,5R - Inntal | | 400 | | SBM ST | | CEM II A-S 42,5 R | |
| | Hersteller | | SPZ Eiberg | | | | | | SPZ Eiberg | |
| Zusatzstoff | Sorte | kg/m ³ | Fluosit T | | 20 | | | | | |
| | Hersteller | | SPZ Eiberg | | | | | | | |
| Fließmittel | Bezeichnung | kg/m ³ | B 4710 T | | 4,6 | | | | ViscoCrete 3035 | |
| | Hersteller | | | | | | | | Sika | |
| Luftporenmittel | Bezeichnung | kg/m ³ | | | | | | | | |
| | Hersteller | | | | | | | | | |
| Erstarrungs - beschleuniger | Bezeichnung | % | Rombosprint | | 5,5 | | | | Signit L53 AF | |
| | Hersteller/Lieferant | | Fa. Rombold | | | | | | Fa. Sika | |
| | Zusatzanforderung | | alkalifrei | | | | | | alkalifrei | |
| Fasern | Sorte | kg/m ³ | | | | | | | | |
| | Hersteller | | | | | | | | | |

Tab. 1: Einsatz Spritzverfahren

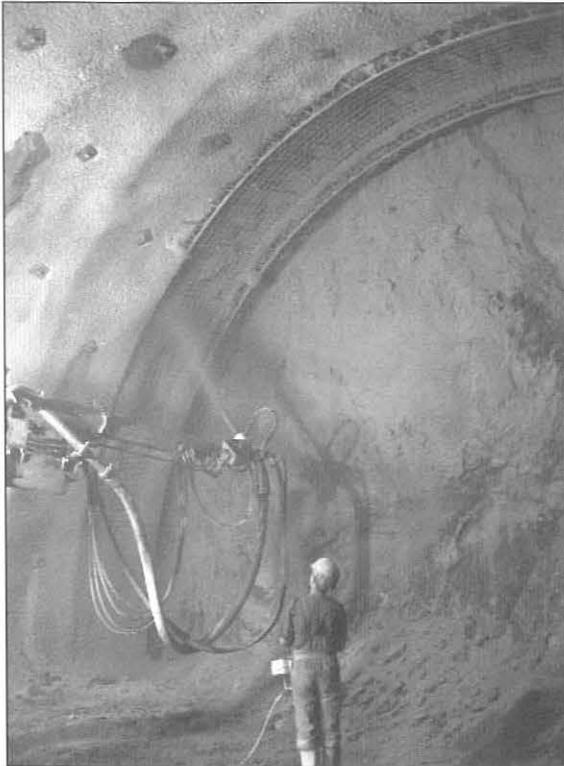


Bild 3: Spritzbetonaufbringung mit Manipulator

Rezeptur Nass-SpB Baulos H2-1:

| | | |
|--------------------------|-----|-------------------|
| Gesteinskörnung 0/4 | 70 | % |
| Gesteinskörnung 4/8 | 30 | % |
| Zement, CEM II A-S 42,5R | 400 | kg/m ³ |
| Zusatzstoff, Fluasit T | 20 | kg/m ³ |
| Zusatzmittel (% v. Z.) | 1 | % |
| alkalifreier EB, Typ I | 7,0 | % |

Im Baulos H5 (Tunnel Vomp/Terfens) wurde das Nassmischgut bei dem Zwischenangriffspunkt für die Vortriebe Vomp-Ost und Vomp-West von der im Baufeld seitens der Firma Derfesser befindlichen Mischanlage produziert. Dadurch ergaben sich in diesem Baulos ebenfalls sehr kurze Transportweiten. Hierzu kommt, dass die Gesteinskörnung direkt vor Ort gewonnen werden kann.

Rezeptur Nass-SpB Baulos H5:

| | | |
|--------------------------|-----|-------------------|
| Gesteinskörnung 0/4 | 72 | % |
| Gesteinskörnung 4/8 | 28 | % |
| Zement, CEM II A-S 42,5R | 401 | kg/m ³ |
| Zusatzstoff, Flugasche | 30 | kg/m ³ |
| Fließmittel | 3,6 | kg/m ³ |
| Luftporenmittel | 0,4 | kg/m ³ |
| alkalifreier EB, Typ I | 8,0 | % |

In allen Werken wurde der Beton in einer mikroprozessorgesteuerten Mischanlage hergestellt.

Für den Sicherungsspritzbeton im Haupttunnel (Baulos H5) wurde im 3-gleisigen Tunnelabschnitt sowohl in der Kalotte als auch in der Strosse Stahl-



Bild 4: Spritzbetonanordnung

faserspritzbeton mit 35 kg/m³ Stahlfaserzugabe eingesetzt. Die restlichen Ausbruchabschnitte dieses Bauloses wurden ohne Beimengung von Fasern gesichert. Der Spritzbeton wurde unabhängig der Rezeptur mit einem Spritzmanipulator der Firma Normet (Spraymec 7110 WPC) auf die Auftragsfläche appliziert. Die Zugabe der Stahlfasern (Fa. Trefilarbed, Typ FE 65/30 mit abgeflachten Enden) erfolgte über eine Dosieranlage am Tunnelportal (gravimetrische Dosierung) direkt in die Mischtrommel des Fahrmixers (Bild 5).



Bild 5: Zugabe von Stahlfasern

Zur Güteüberwachung wurde bei jedem Fahrmixer die IST-Zugabe der Fasern dokumentiert und der Fasergehalt und die Faserverteilung am Frischbeton durch Auswaschversuche überprüft. Für die Baugrubensicherungen in den Voreinschnittbereichen wurde das Nassspritzverfahren im Dünnstrom eingesetzt. Zur Förderung des Nassspritzbetons wurde eine speziell konzipierte Rotorspritzmaschine der Firma Aliva verwendet. Für das Baulos H7 ist ebenfalls vorgesehen im Bereich der bergmännischen Unterfahrung des Bahnhofs Fritzens (Druckluftvortrieb, Bild 6) den Sicherungsspritzbeton als Nassspritzbeton herzustellen.

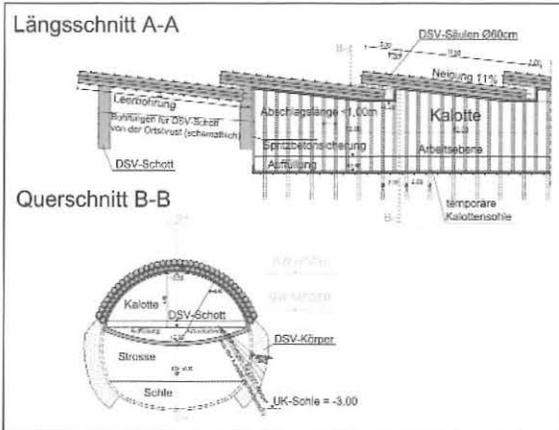


Bild 6: Sonderbauweise Unterfahrung Bahnhof Fritzens

Hier konnten bereits im Baulos H5, im Abschnitt von Fiecht, Erfahrungen mit dem Einsatz von Nassspritzbeton unter Druckluft gewonnen werden. Auf Grund von Erfahrungen aus anderen Tunnelbaustellen sind die Luftverluste durch die Spritzbetonschale für den Gesamtluftverbrauch maßgebend, wobei sich die den Tunnelhohlraum umschließende Bodenvergütung durch DSV-Maßnahmen im Abschnitt Bahnhof Fritzens positiv auf die Dichtheit auswirken wird.



Bild 7: Spritzbetonverarbeitung unter Druckluft



Bild 8: Nassspritzbeton zur Böschungssicherung

Jedenfalls sind neben einer optimierten SpB-Rezeptur vorbeugende Nachbehandlungsmaßnahmen des jungen Spritzbetons durch Befeuchten vorgesehen, um so ein Austrocknen und damit eine Erhöhung seiner Luftdurchlässigkeit zu verhindern. Im Baulos H6, in dem umfangreiche Hangsicherungsmaßnahmen durchzuführen waren, erfolgte die Applizierung des Nassmischgutes in der Dünnstromtechnik mit einer Betonspritzmaschine (Rotor-kammerprinzip) der Firma Aliva.

2.1.2 Trockenspritzverfahren

Das Trockenspritzverfahren (ofentrockene Gesteinskörnung und Spritzbindemittel SBM-T) kam im Bereich des Bauloses H5 für spezielle Zwecke wie z.B. bei der Rettungsschachterstellung mit fertiger Siloware zum Einsatz (Bild 9).



Bild 9: Spritzbeton im Schacht

Auch im Baulos H4-3 (Hauptbaumaßnahme Stans/Fiecht) wurden Hangsicherungsmaßnahmen (Bild 10) im Trockenspritzverfahren hergestellt. Die Austragung des Trockenmischgutes vom druckluftbeaufschlagten Behälter in den Förderschlauch erfolgt dabei durch Dosierschnecken und es wird unter Zuführung von Treibluft im Dünnstromverfahren bis zur Düse befördert, an der das Wasser zugegeben wird.



Bild 10: Böschungssicherung mit Spritzbeton

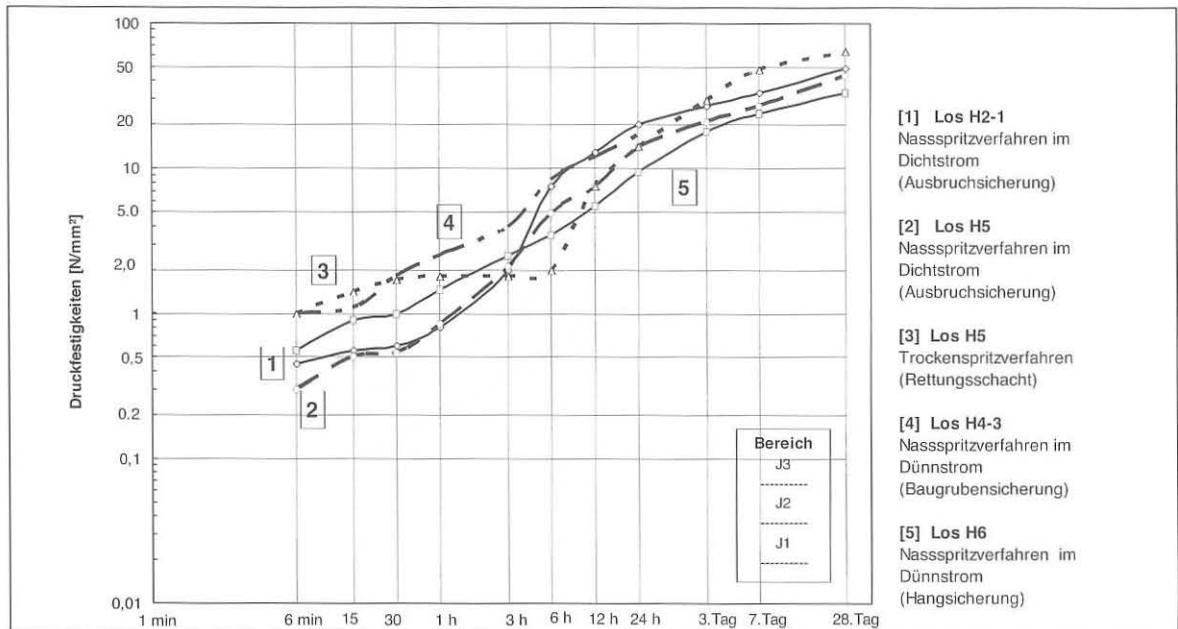


Bild 11: Druckfestigkeitsentwicklung der eingesetzten Spritzbetone

Weiters ist vorgesehen, im Baulosabschnitt H7 (Hauptbaumaßnahme Fritzens/Baumkirchen) der Deckelbauweisen, die Zwickel zwischen den Bohrpfehlen und den Isolierträgern im Trockenspritzverfahren aufzubringen. Betrachtet man die Graphik in Bild 11, in der die Druckfestigkeitsentwicklung aller bisher eingesetzten Spritzbetone bis zum Alter von 28 Tage dargestellt sind, so sieht man, dass unabhängig von den verwendeten Verfahren die Druckfestigkeiten innerhalb der Frühfestigkeitsklassen des jungen Spritzbetons J2 und J3 gem. RIL Spritzbeton liegen.

2.2 Abdichtungsträger

Aufgrund der Tatsache, dass Tunnelabschnitte der Unterinntalstrecke als druckdichte Bereiche hergestellt werden, wird ein hoher Anspruch auf die Ausführungsqualität des Abdichtungsträgers gestellt. Insbesondere die Ebenflächigkeit des Abdichtungsträgers ist von besonderer Wichtigkeit. So wurde seitens des Bauherrn zur Abnahme des Abdichtungsträgers durchwegs Scanneraufnahmen ausgeschrieben bzw. im Baulos H5 als eigener Auftrag an ein Vermessungsbüro vergeben. Während die Einhaltung des Über- und Unterprofils direkt aus den Scanneraufnahmen zu entnehmen ist, müssen zum Nachweis der Einhaltung der Vorgaben an die Ebenflächigkeit die aufgenommenen Rasterpunkte in einem Berechnungsverfahren auf eine Ebene projiziert und die unten angeführten Anforderungen in Schrittweiten von ca. 2 cm in beiden Richtungen nachgewiesen werden. Die Anforderungen lauten gemäß der Ausschreibung und gemäß der Richtlinie Innenschalbeton:

- Einhaltung der Sollneigung zur Innenkante mit max. 45 Grad in den drainierten und max. 30 Grad in den druckdichten Bereichen.
- Krümmungsradius r der SpB-Oberfläche nicht kleiner als 20 cm.
- Stichmaß a zum Abstand D zwischen zwei SpB-Kontaktpunkte darf max. $a/D = 1/10$ in druckdichten Bereichen sein.
- max. Größtkorn 8 mm.

Der Nachweis kann mit der Lattenmethode bzw. mit der Kugelmethode erbracht werden, wobei sich abhängig von den Berechnungsverfahren gewisse Unterschiede ergeben. Während mit der Kugelmethode signifikante Extremwerte deutlicher hervorgehoben werden, so können mit der Lattenmethode darüber hinaus großflächige Bereiche erfasst werden, für die zwar das Kriterium der Kugelmethode erfüllt ist, nicht jedoch das Kriterium der Lattenmethode und diese somit als strengeres Prüfkriterium angesehen werden kann. Anhand eines ausgewählten Abschnittes im Rettungstollen Vomp konnte im Vergleich der beiden Berechnungsverfahren gezeigt werden, dass die Lattenmethode mit einer Lattenlänge von 1,5 m das aussagekräftigere und strengere Kriterium darstellt um die Ebenflächigkeit im Sinne der Richtlinie Innenschalbeton nachzuweisen. Unabhängig der Ergebnisse aus den beiden Rechenverfahren erfolgt jedenfalls eine visuelle Kontrolle der SpB-Oberfläche durch den AN, der Abdichtungsfirma und der ÖBA, deren Prüfergebnisse in Abnahmeprotokollen festgehalten werden.

3. Zusammenfassung

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Anforderungen infolge der verschiedenen im 1. Abschnitt der neuen Unterinntalbahn ausgeführten Baulose werden seitens der Auftragnehmer durchwegs anerkannte und erprobte Spritzverfahren zum Einsatz gebracht. Es ist aufgrund der im Vergleich zu den Neubaustrecken in Deutschland kurzen Tunnelabschnitten nicht mit einer Innovation im Bereich der Spritzbetonverfahrenstechnologie zu rechnen. Geringfügige Optimierungen werden baustellenbezogen durchgeführt. Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen haben gezeigt, dass unabhängig von den eingesetzten Spritzverfahren und Rezepturen seitens der Auftragnehmer eine hohe Qualität im Rahmen der Spritzbetonherstellung nach Herstellung nachgewiesen werden kann.

4. Literatur

- [1] Fink, A.; Gangkofner, T.; Schretter, K.; Herdina, J.:
Planung und Bau der Unterinntal-Strecke zum Brenner Basistunnel. Bauingenieur, Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, S. 362 - 373, Düsseldorf, Band 80, Juli / August 2005.
- [2] Herdina, J.; Gangkofner, T.; Schretter, K.:
Inn Valley tunnelling blazes Brenner trail. Tunnels & Tunnelling International, S. 14 - 16, Sidcup/UK, September 2004.
- [3] Feistmantl, K.; Keinprecht, M.; Bonapace, P. und Braun, M.:
Tunnelvortriebe im Schutz von DSV-Sicherungen. Felsbau, Rock and Soil Engineering, VGE Verlag Glückauf Essen, S. 149 - 155, Essen, Band 23 (Nr. 5), 2005.
- [4] Herdina J.:
Tunnelbautechnische Höhepunkte bei der Errichtung der Unterinntaltrasse. Tunnelbau, Beiträge aus Forschung und Praxis, Festschrift Univ.-Prof. Schneider. Books on Demand GmbH, S 187 - 201, Norderstedt, 10/2005.